

莞島地域에 분포하는 微文象花崗岩에 대한 岩石化學的 研究

신인현* · 남기상** · 김희남* · 박영석*** · 안건상*

Petrochemical Study on the Micrographic Granite in the Wando Area

In-Hyun Shin*, Ki-Sang Nam**, Hee-Nam Kim*, Young-Seog Park*** and Kun-Sang Ahn*

ABSTRACT: Petrochemical study on the micrographic granite distributed in the Wando area, the southernmost part of the Yeongdong-Kwangju depression is performed to investigate the petrogenesis and differentiation processes of the granitic magma. Polarized light microscopy for modal analyses, electron probe microanalyses of feldspars and biotite, inductively coupled plasma analyses for major and trace element contents were adopted in the study.

The lithology of the study area consists of Precambrian metasediments, Mesozoic volcanic and sedimentary rocks, and micrographic granite which intrude into the former. The micrographic granite in the Wando area are distributed in the shape of a cauldron. Modal and normative mineral analyses of the micrographic granite fall in the area of granite and granodiorite. The chemical composition indicates that the micrographic granite is I-type and magnetite series. The micrographic granite is characterized by more than 90% of micrographic texture in volume percent. Feldspars in the micrographic granite is alkali feldspars (Or, 45~93) and plagioclases (albite to oligoclase). The biotite has a intermediate composition between phlogopite and annite solid solution.

The results of the petrochemical studies indicate that the granitic magma of calc-alkaline source materials reactivated in a compressional environment at the continental margin, and then was differentiated by fractional crystallization. The micrographic granite intruded into a shallow level of the crust (5~7 km) in the late Cretaceous.

서 론

완도지역을 포함한 남해안 일대는 백악기 화성활동에 따른 화산암류 및 심성암류가 넓게 분포한다. 완도 상황 봉을 중심으로 직경 8 km 내외로 環狀분포하고 있는 미문상화강암은 과거 마산암 (Koto, 1909) 이라고 불리우는 암석으로써 남해안 일대에 주로 분포하고 있는데 최근 이런 화강암류의 생성을 판구조론과 결부시켜 해석하려는 경향이 있다 (Lee, 1991). 본역의 미문상화강암에 대한 연구로는 국부적으로 Jin (1985)의 암석화학적 연구가 있을 뿐이며, 윤성효 등 (1989)은 미문상화강암이 화산합물체의 형성과 밀접히 관련되어 나타남을 지적하였다.

거시적으로 보면 본역은 영동-광주함몰대 (김옥준과 박봉순, 1980)의 최남단에 해당하므로 본 연구에서는 함몰

대라고 하는 구조적 특징에서 형성된 미문상화강암의 생성, 분화 및 정지를 암석화학적으로 해석하고자 하며 화강암질마그마의 성인을 규명코자 하는데 목적이 있다.

본 연구를 위한 기기분석은 광물의 화학조성을 알아보기 위해 EPMA (일본 동경대학교 우주지구과학 교실)을 실시하였으며, 전암의 화학분석을 위해 ICP분석 (영국 런던대학교 Walsh 박사 의뢰)을 실시하였다.

지질개요

본 연구지역은 한반도의 남서부에 위치하고 있으며, 지체구조적으로는 영동-광주함몰대의 최남단에 해당하는 완도지역이다 (Fig. 1).

본역의 지질은 선캠브리아기의 변성퇴적암류를 기반으로 그 위에 이들을 부정합으로 덮고 있는 백악기의 중생 화산암류, 또 이들과 부정합 관계인 화산성퇴적암류 및 이들 모두를 관입한 백악기말의 산성화강암류인 미문상화강암 등으로 구성되어 있다 (Fig. 1, Table 1).

본역에서 변성암류는 주로 화강암질편마암으로 소규모

* 조선대학교 지구과학과 (Dept. of Earthscience, Chosun Univ., Kwangju 501-759, Korea)

** 전북대학교 지구과학과 (Dept. of Earthscience, Chonbuk Nat. Univ., Jeonju 560-756, Korea)

*** 조선대학교 자원공학과 (Dept. of Mineral and Petroleum Engineering, Chosun Univ., Kwangju 501-759, Korea)

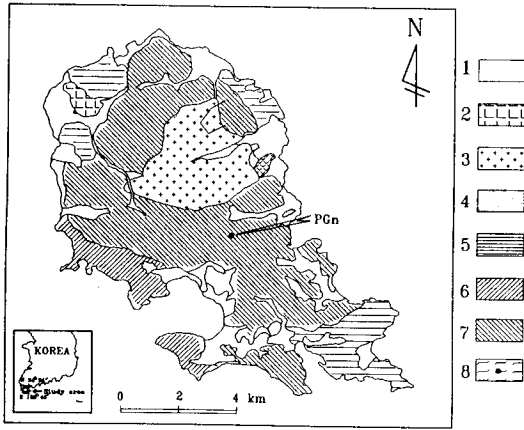


Fig. 1. Geological map of the Wando area. 1; Quaternary strata, 2; Quartz porphyry, 3; Micrographic granite, 4; Diorite, 5; Jangguri tuff, 6; Mananri rhyolite, 7; Muideungsan andesite, 8; Precambrian gneiss complex.

노출되어 있으며, 이들과 부정합 관계인 화산암류는 최근 본역과 인접한 해남지역을 연구한 문희수 등 (1990)은 K-Ar법에 의한 화산암의 연대측정으로부터 화원반도의 중성화산활동 (94.1±2.01 Ma), 그 후 같은 지역에서 산성화산활동 (82.88±1.1 Ma), 그리고 두륜산지역의 무등산 안산암을 분출시킨 중성화산활동 (68.66±1.9 Ma)과 그에 이은 만안리유문암의 분출로 세 번의 화성활동을 언급하고 있는 바, 본역의 화산암류, 화산성퇴적암류와 이들을 관입하고 있는 미문상화강암은 상기 세 번의 화성활동 중 최후기에 해당하는 중성 및 산성화성활동에 수반되어 형성되었다. 이들의 분포상태에 대하여 원종관과 강필중 (1978)은 경상분지에서 화강암체의 관입이 분지의 발달과정과 밀접한 관계가 있음을 시사했으며, Jin et al. (1981), Smith and Bailey (1968)는 심성관입암체가 화산암류로 둘러싸여 있음은 화산함몰구조 (cauldron)에 기인한 것으로 해석한 바 있다. 차문성과 윤성효 (1988)에 의하면 중성마그마의 분출-각층 응회암의 퇴적-단층에 의한 칼데라 형성의 과정을 통해서 기존암석에 생긴 環狀裂隙帶 및 弱帶를 따라 환상열극화산작용 (ring-fracture volcanism)이 일어나 유문암이 분출되고 미문상화강암이 ring-dike 모양의 환상구조를 이루며 관입 정지되었음을 언급하고 있다. 미문상화강암의 성인에 대해서 Lee (1991)는 단층과 열극을 따라 천소까지 올라온 마그마는 급냉할 수밖에 없었으며 급냉에 따른 석영과 알카리장석의 동시연정에 의해 미문상구조가 생겼음을 언급하고 있다. 본역의 지질계통은 Table 1과 같다.

Table 1. Geological sequence of the Wando area.

Quaternary	[Alluvium ~Unconformity~ Quartz porphyry Micrographic granite Diorite
Cretaceous	[-Intrusion- Jangguri tuff ~Unconformity~ Mananri rhyolite Muideungsan andesite
Pre-cambrian	[Granitic gneiss

암석 기재

미문상화강암

미문상화강암이라고 하는 것은 괴상화강암인 경우 전체용적의 30% 이상이 미문상조석을 보이고 반상화강암인 경우는 석기에서 미문상조석을 30% 이상 나타내는 암석을 말한다 (Lee, 1991). 본 암은 상황봉과 백운봉 등 약 600 m 높이의 고지를 이루며 직경 약 8 km 내외로 분포하고 있는데 주로 무등산안산암을 관입하고 있다. 본 암은 본역에서 가장 신기에 속하는 심성암이며 (Fig. 1, Table 1) 비교적 세립의 기질에 장석 반정을 갖는 회백색 내지 담홍색의 암석으로 노두에서 박리작용을 볼 수 있고, 직경 2 mm~3 cm 크기의 miarolitic 기공과 小片의 섬록암을 포획하고 있는 등 천소관입의 특징을 갖고 있다.

현미경관찰에 의한 모드분석 결과는 화강암 영역에 속하며, 주성분광물은 석영, 알카리장석, 사장석 및 흑운모이며, 저어콘, 인회석 및 불투명광물을 수반한다. 장석의 변질 광물인 견운모와 유색광물의 변질 광물인 녹니석, 녹색석 등이 자주 관찰되기도 한다. 석영과 알카리장석은 거의 대부분 미문상조석으로 나타나며 약간의 석영은 타형으로 파동소광을 한다. 사장석 (An 18~10)은 자형 내지 반자형의 결정으로 대부분 견운모화되어 있고 albite twin, carlsbad albite twin 및 누대조석을 보인다. 또한 사장석은 부분적으로 응석되었거나 깨짐을 볼 수 있는데 응석된 부분과 견운모화된 부분에서는 심한 풍화작용을 받았음을 알 수 있다. 소광각 측정에 의하면 albite~oligoclase (An 5~An 25)에 해당하며 사장석 반정의 주위에 세립의 미문상조석을 나타내는 "hourglass" 조석을 보인다. 흑운모는 녹색 또는 갈색의 다색성을 보이며 반자형 내지 타형으로 장석과 석영 사이의 경계부에서 판상의 결정을 이

루고 대부분 녹니석화되어 있으나 부분적으로는 penninite화되어 있기도 하고, 특히 흑운모는 小片의 결정으로 나뉘어 분산되어 있음이 특징이다. 불투명광물은 사장석이나 흑운모에 포유되어 있으며 자형 내지 반자형의 결정이다.

광물화학

분석조건

본역의 화강암류를 구성하는 광물의 화학조성을 알아보기 위하여 일본 동경대학 지구과학교실에 설치되어 있는 EPMA를 이용하여 정량분석을 실시하였다. 분석기기는 JEOL사가 제작한 JXA-50A모델을 이용하였으며, 시료는 탄소코팅하여 실시하였다. 분석조건은 가속전압 15 kv, 시료전류 0.02 A, 빔의 직경은 0.3 m 내외로 한정하였다. 분석치는 Bence & Albee (1968)의 방법에 의해 보정하였다. 철은 전부 2가로 계산하였다.

장석류

알카리장석은 8 point를 분석하였으며 분석치는 Table 2와 같다. 화학조성을 보면 CaO (0.00~0.30 wt.%)의 양은 소량으로 들어 있으나 알카리성분은 풍부하게 함유되어 있다. 특히 Na₂O보다는 K₂O가 훨씬 풍부하다. SiO₂, Al₂O₃의 양은 각각 65.20~66.39 wt.%와 17.40~18.77 wt.%의 범위이다.

Or-Ab-An 삼각도 (Fig. 2)에서 An 0.00~1.46, Ab 7.04~53.14, Or 45.45~92.96로 정장석 영역에 속한다. 따라서 알카리장석의 화학조성은 대부분 Ab-Or선상에 도시되며 정장석의 단성분쪽에 가까운 미사장석~정장석 영역에 점시된다.

사장석은 8 point를 분석하였으며 분석치는 Table 2와 같다. 사장석은 대개 자형 내지 반자형으로 산출되고 어떤 것은 누대조질을 보이기도 하며 벽개면을 따라 변질되기도 한다. An-Ab-Or 삼각도 (Fig. 2)에서 대부분 An-Ab변에 가까이 점시되며, 이는 CaO와 Na₂O의 양에 비하여 K₂O의 함량이 매우 소량임을 보여준다. 사장석의 화학조성은 An 0.76~12.89로 일부가 albite이나 대부분이 oligoclase에 해당함을 보여주는데 이러한 결과는 Michel-levy방법의 소광각 측정 결과(An 5~An 25)와도 일치한다. 이상의 EPMA 분석 결과는 미문상화강암 내의 장석류는 낮은 온도에서 결정화 되었음을 암시한다.

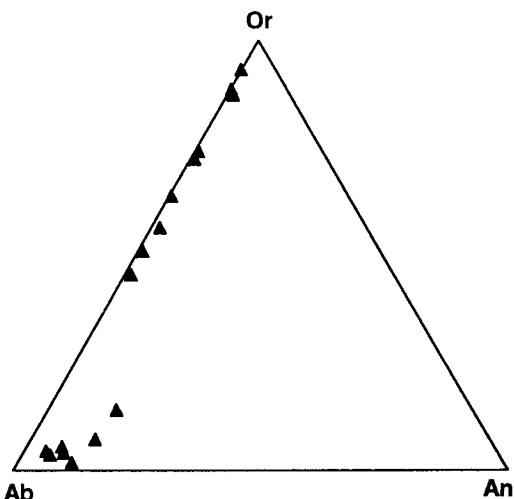


Fig. 2. Triangular diagram of feldspars in the anorthite-albite-orthoclase system for the micrographic granite from the Wando area.

흑운모

대부분의 흑운모는 일부 또는 전부가 녹니석으로 변질되어 3 point만을 분석하였다. 변질된 부분은 현미경 하에서 다색성이 감소되고 간색색이 단순화되며, 조성에서도 K₂O의 함량이 낮게 나타난다. 따라서 흑운모의 조성으로 나타낼 수 있는 분석치의 수는 감소한다. 흑운모 (Table 3)의 화학조성은 SiO₂ 34.24~39.18, Al₂O₃ 11.60~16.41, FeO* 9.40~25.92, Mg O 7.09~17.49, TiO₂ 1.04~2.18, MnO 0.63~0.87, Na₂O 0.09~0.26, CaO 0.17~0.53, K₂O 4.94~8.13로서 화성암에서 나타나는 일반적인 흑운모의 화학조성을 초과하지 않는다. 그러나 분석한 시료 가운데 변질이 심한 암석의 흑운모는 Table 3에서 K₂O의 값이 다른 값에 비해 낮고 Al₂O₃값이 높은 시료에서 일부가 녹니석으로 변질되었을 가능성이 있다.

암석화학

주성분 원소

본역 미문상화강암에 대한 주성분 원소의 화학 분석치와 CIPW norm값, D.I. (Differential Index) 및 Alkalinity 등은 Table 4와 같으며, SiO₂ 함량은 73.73~77.53%, 분화지수 (DI)는 92.02~94.96로 대체로 분화 말기에 해당하는 화강암류임을 알 수 있다. ICP분석에 의한 분석값에서 SiO₂

Table 2. Representative electron microprobe analyses of feldspars in the micrographic granite from the Wando area.

Kfs/Pl	WMG12		WMG12		WMG18		WMG18		WMG28		WMG28		WMG30		WMG30		WMG30		
	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	Kfs	Pl	
SiO ₂	66.39	68.62	69.21	65.88	64.54	66.28	66.02	66.01	67.06	66.21	65.72	67.32	66.23	66.23	66.21	65.72	67.32	66.23	66.23
Al ₂ O ₃	17.65	19.20	19.06	18.73	20.82	18.46	18.39	19.93	17.90	17.61	18.11	19.37	20.40	20.40	17.61	18.11	19.37	20.40	20.40
CaO	0.00	0.92	0.30	0.13	2.26	0.22	0.30	1.51	0.16	0.14	0.14	1.31	1.76	1.76	0.14	0.14	1.31	1.76	1.76
Na ₂ O	1.28	10.72	11.64	4.76	2.92	5.74	6.27	10.52	5.43	4.19	3.15	11.05	10.43	10.43	4.19	3.15	11.05	10.43	10.43
K ₂ O	15.30	0.79	0.26	13.05	0.36	9.28	8.15	1.03	9.25	11.44	12.90	0.64	0.78	0.78	11.44	12.90	0.64	0.78	0.78
Total	100.62	100.25	100.47	100.26	99.56	99.98	99.13	99.00	99.80	99.59	100.02	99.69	99.60	99.60	99.59	100.02	99.69	99.60	99.60
Si	3.035	2.999	3.011	2.998	2.908	3.008	2.997	2.937	3.018	3.025	3.018	2.969	2.937	2.937	3.025	3.018	2.969	2.937	2.937
Al	0.951	0.989	0.977	0.996	1.083	0.973	0.984	1.045	0.964	0.948	0.965	1.007	1.050	1.050	0.948	0.965	1.007	1.050	1.050
Ca	0.000	0.043	0.014	0.006	0.107	0.011	0.015	0.072	0.008	0.007	0.007	0.062	0.082	0.082	0.007	0.007	0.062	0.082	0.082
Na	0.113	0.908	0.982	0.256	0.876	0.795	0.472	0.058	0.539	0.667	0.744	0.036	0.043	0.043	0.667	0.744	0.036	0.043	0.043
K	0.892	0.944	0.014	0.566	0.751	0.529	0.472	0.058	0.539	0.667	0.744	0.036	0.043	0.043	0.667	0.744	0.036	0.043	0.043
Total	4.991	4.983	4.998	5.007	5.174	5.019	5.020	5.020	5.010	5.018	5.010	5.019	4.996	4.996	5.018	5.010	5.019	4.996	4.996
An	0.00	4.35	1.37	0.62	10.65	1.02	1.41	6.94	0.76	0.66	0.66	5.93	8.16	8.16	0.66	0.66	5.93	8.16	8.16
Ab	11.28	91.23	7.23	25.22	87.33	47.96	53.14	87.43	6.79	35.52	26.89	90.61	87.53	87.53	35.52	26.89	90.61	87.53	87.53
Or	88.72	92.96	4.42	74.16	2.02	51.02	45.45	5.63	52.45	63.12	72.45	3.45	4.31	4.31	63.12	72.45	3.45	4.31	4.31

Table 3. Representative electron microprobe analyses of biotite in the micrographic granite from the Wando area.

Sample No.	WMG18	WMG28	WMG30
Analy. No.	744	791	775
SiO ₂	38.10	39.18	34.24
TiO ₂	1.04	1.76	2.18
Al ₂ O ₃	11.60	13.47	16.41
FeO*	25.92	9.40	17.91
MnO	0.63	0.63	0.87
MgO	7.09	17.49	10.36
CaO	0.53	0.22	0.17
Na ₂ O	0.09	0.26	0.24
K ₂ O	7.06	8.13	4.94
Total	92.06	90.54	87.32
Si	6.154	6.015	5.559
Ti	0.126	0.198	0.266
Al	2.208	2.377	3.140
Fe	3.501	1.177	2.432
Mn	0.086	0.080	0.120
Mg	1.707	3.903	2.508
Ca	0.092	0.035	0.030
Na	0.028	0.075	0.076
K	1.455	1.553	1.023
Total	15.357	15.413	15.154
Al ^{IV}	1.846	1.985	2.441
Al ^{VI}	0.362	0.391	0.700
Fe/Mg	2.05	0.03	0.97
Fe/Mg+Fe	0.67	0.23	0.49
Mg/Mg+Fe	0.33	0.77	0.51

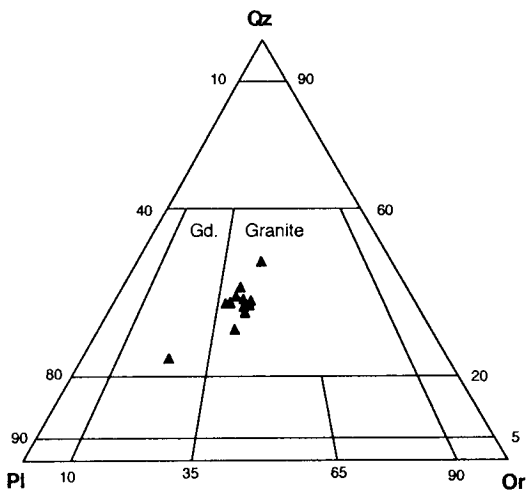


Fig. 3. Triangular diagram of normative plagioclase-orthoclase-quartz in the micrographic granite from the Wando area.

는 계산에 의해 Fe²⁺, Fe³⁺는 습식분석에 의해 구하였다. Alkalinity는 3.22~4.27로 높으며, 주성분 원소 조성이 fel-

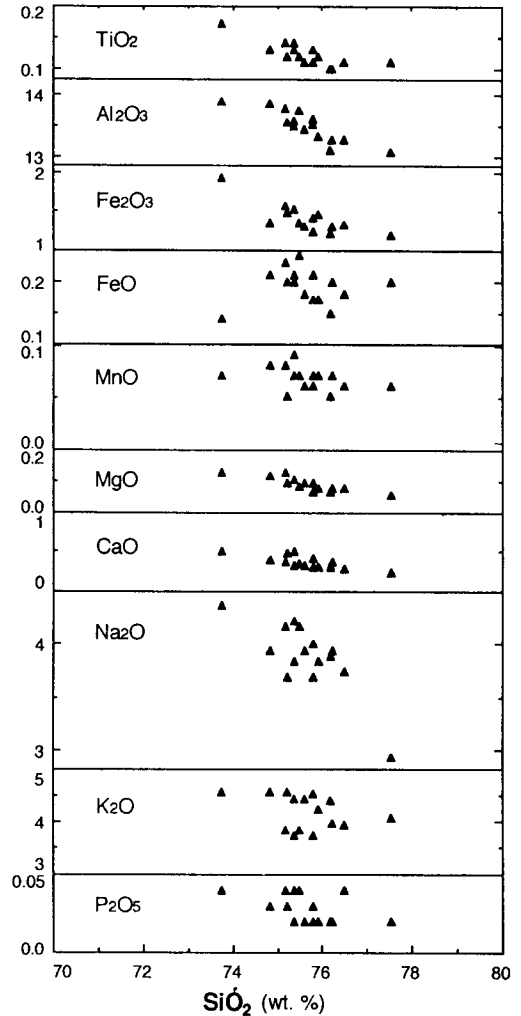


Fig. 4. Variation diagrams of various oxides vs. SiO₂ in the micrographic granite from the Wando area.

sic한데 이는 부분용해도의 감소 또는 분별결정작용의 증가로 생각된다.

CIPW norm값을 석영-정장석-사장석의 삼각도 (Fig. 3)에 점시해 보면 화강암 내지 화강섬록암 영역에 속한다. SiO₂의 함량에 대한 각 산화물의 변화도 (Fig. 4)에 점시하면 SiO₂ 함량이 증가함에 따라 Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, TiO₂, MgO, CaO 및 MnO는 감소하는 경향을 보이고, K₂O, Na₂O와 P₂O₅는 2차 변질에 의해 뚜렷한 변화를 보이지 않는다. 이와 같은 결과는 일반적인 화강암류에서 나타나는 정상적인 분화경향을 보인다.

AFM (Na₂O+K₂O -FeO+Fe₂O₃ -MgO)의 삼각도 (Fig. 5)에 점시해 보면 FM쪽으로 부터 A정점으로 접이하여

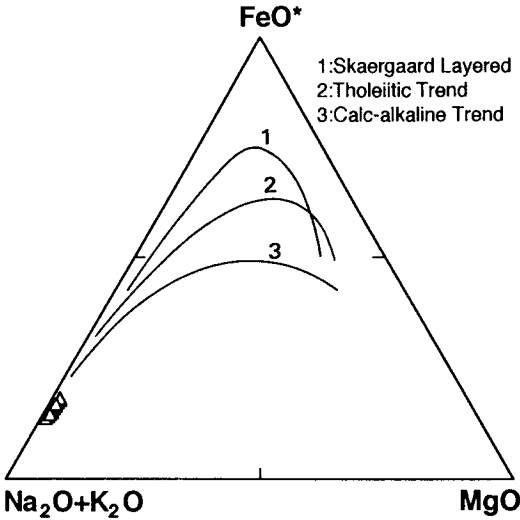


Fig. 5. Triangular diagram of AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{FeO}^*-\text{MgO}$) in the micrographic granite from the Wando area (after Brown et al., 1984).

분화 최말기의 melt의 조성을 대표하고 있음을 알 수 있고, 또 광물조합과 화학조성을 고려하면 본 미문상화강암은 calc-alkaline 계열의 마그마로 부터 형성된 것으로 생각 된다.

미량원소

본역 미문상화강암에 대한 미량원소의 분석값은 Table 5와 같다.

SiO_2 함량에 따른 미량원소의 변화도 (Fig. 6)에서 SiO_2 함량이 증가함에 따라 Rb, Nb과 Zn은 증가하는 경향을 보이거나 Ba, Li Y, Ni, Cr 및 Sr은 감소하는 경향을 보인다. Sr과 CaO의 관계도 (Fig. 7)에서 CaO가 증가함에 따라 Sr이 증가하는데 이는 Condie (1969)에 의한 대륙 및 호상열도의 지구조환경에서 형성된 화강암질암류가 보이는 일반적인 경향과 일치한다.

성인적 고찰

마그마 유형

White and Chappell (1983)은 화강암류를 암석의 야외 산출상태, 광물학적 및 암석화학적 차이를 기준으로 하여 I-type과 S-type으로 구분하였으며, Ishihara (1977)는 자철석계열과 티탄철석계열로 구분하여 자철석계열의 화강

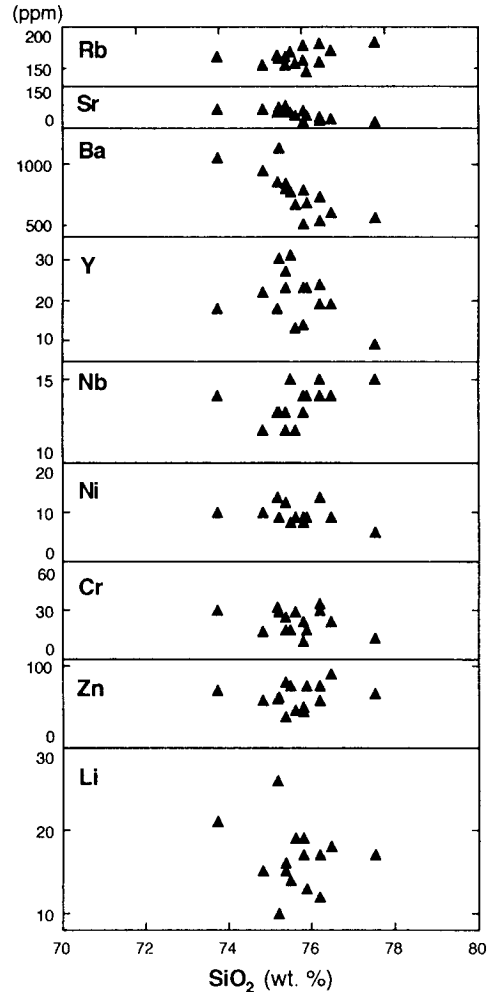


Fig. 6. Variation diagrams between SiO_2 and various trace elements in the micrographic granite from the Wando area.

암류는 티탄철석계열의 화강암류보다 더 높은 산소분압의 환경에서 생성되었다고 하였다. 본역 미문상화강암을 A-C-F삼각도 (Fig. 8)에 점시하면 I-type에 해당한다. 이와 같이 본역 미문상화강암은 화성 기원의 마그마에서 분화된 I-type 또는 자철석계열에 속하는데, 이것은 Jin et al. (1981)과 윤현수와 김선억 (1990)에 의한 백악기 화강암류의 마그마유형과 일치한다.

마그마의 특성과 분화

본역 미문상화강암을 생성시킨 마그마의 특성을 알아보기 위해 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}$ 삼각도 (Fig. 9)에 점시하면 Na_2

Table 4. Chemical compositions of major element and calculated normative mineral compositions of the micrographic granite from the Wando area (by ICP analyses).

	WMG-1	WMG-6	WMG-10	WMG-12	WMG-15	WMG-18	WMG-20	WMG-24	WMG-28	WMG-30	WMG-31	WMG-36	WMG-38	WMG-39	WMG-41
(wt%)															
SiO ₂	75.81	75.36	76.48	75.50	77.53	75.20	76.21	75.19	73.73	75.79	74.82	75.90	76.18	75.59	75.38
TiO ₂	0.13	0.14	0.11	0.12	0.11	0.12	0.10	0.14	0.17	0.11	0.13	0.12	0.10	0.11	0.13
Al ₂ O ₃	13.60	13.57	13.27	13.73	13.09	13.56	13.27	13.76	13.89	13.53	13.86	13.33	13.11	13.43	13.49
Fe ₂ O ₃	1.41	1.53	1.32	1.34	1.19	1.48	1.30	1.56	1.93	1.24	1.35	1.45	1.22	1.30	1.53
FeO	0.21	0.21	0.18	0.24	0.20	0.20	0.20	0.23	0.14	0.17	0.21	0.17	0.15	0.18	0.20
MnO	0.07	0.09	0.06	0.07	0.06	0.05	0.07	0.08	0.07	0.06	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07
CaO	0.40	0.48	0.27	0.34	0.22	0.46	0.35	0.35	0.12	0.06	0.11	0.07	0.06	0.09	0.10
Na ₂ O	3.99	4.20	3.72	4.16	2.91	3.67	3.92	4.16	0.48	0.28	0.38	0.28	0.29	0.31	0.31
K ₂ O	3.73	3.75	3.95	3.85	4.09	4.56	3.97	3.85	4.36	3.67	3.92	3.82	3.88	3.93	3.82
P ₂ O ₅	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	4.56	4.55	4.57	4.25	4.42	4.45	4.43
Total	99.49	99.47	99.47	99.47	99.47	99.42	99.48	99.48	99.49	99.48	99.46	99.48	99.48	99.47	99.48
Norm. M.															
Q	22.31	35.50	39.18	35.83	44.43	35.37	37.44	35.45	29.84	36.38	33.65	36.76	36.02	34.95	35.45
C	0.28	1.83	2.49	2.20	3.51	1.83	1.93	2.22	1.001	2.09	1.85	1.97	1.45	1.62	1.89
Or	16.42	22.16	23.33	22.77	24.16	26.94	23.44	22.77	26.94	26.89	27.00	25.11	26.11	26.28	26.16
An	14.77	2.11	1.06	1.42	1.00	2.09	1.64	1.45	2.11	1.31	1.70	1.31	1.36	1.45	1.45
Ab	37.82	35.56	31.47	35.19	24.65	31.05	33.15	35.19	36.87	31.05	33.15	32.31	32.83	33.25	32.31
HyEn	0.57	0.25	0.17	0.20	0.12	0.22	0.17	0.30	0.30	0.15	0.27	0.17	0.15	0.22	0.25
Mt	0.25	0.56	0.44	0.65	0.51	0.46	0.58	0.58	0.19	0.42	0.56	0.44	0.35	0.44	0.51
Il	0.36	0.27	0.21	0.23	0.21	0.23	0.20	0.27	0.32	0.21	0.24	0.23	0.20	0.21	0.24
Hm	1.47	1.15	1.02	0.89	0.85	1.17	0.89	1.17	1.80	0.96	0.97	1.15	0.97	0.99	1.18
Ap	0.13	0.10	0.10	0.10	0.03	0.07	0.03	0.10	0.10	0.03	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	99.49	99.49	99.47	99.48	99.47	99.43	99.47	99.50	99.48	99.48	99.46	99.48	99.47	99.44	99.47
D.I.	92.02	93.22	93.98	93.79	93.24	93.36	94.03	93.41	93.65	94.32	93.80	94.18	94.96	94.48	93.92
L.I.	26.47	26.55	27.60	27.02	28.27	27.40	27.45	26.65	26.47	8.06	27.46	27.58	28.09	27.77	27.42
Alkalinity	3.541	3.61	3.61	3.64	3.22	3.84	3.75	3.63	4.27	3.94	3.95	3.91	4.25	4.13	3.97

Abbreviation: Q; quartz, C; corundum, Or; orthoclase, An; anorthite, Ab; albite, Hy(en); hypersilene(enstatite), Mt; magnetite, Il; ilmenite, Hm; hematite, Ap; apatite, D.I.; differentiation index, and L.I.; Lasen index.

Table 5. Contents of trace elements in the micrographic granite from the Wando area.

	WMG -1	WMG -6	WMG -10	WMG -12	WMG -15	WMG -18	WMG -20	WMG -24	WMG -28	WMG -30	WMG -31	WMG -36	WMG -38	WMG -39	WMG -41
(ppm)															
Ba	795	844	614	780	563	1134	747	862	1066	518	951	695	542	673	811
Co	2	3	2	2	2	3	2	3	.3	2	2	2	2	2	2
Cr	11	18	23	18	13	29	34	32	30	23	17	18	30	29	26
Cu	33	32	36	37	35	36	33	36	35	36	33	34	3	4	4
Li	19	16	18	14	17	10	17	26	21	17	15	13	12	19	15
Nb	13	12	14	15	15	13	14	13	14	14	12	14	15	12	13
Ni	9	12	9	8	6	9	13	13	10	8	10	89	13	9	12
Sc	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4
Sr	43	54	24	39	16	51	28	40	48	16	48	33	20	30	39
V	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3
Y	23	27	19	31	9	30	24	18	18	14	22	23	19	13	23
Zn	50	79	89	76	65	61	58	60	70	44	58	75	75	46	37
Zr	67	66	.80	98	31	55	67	69	50	73	52	65	56	48	63
La	34	35	25	27	22	37	43	32	39	24	34	30	29	28	33
Ce	56	62	46	49	42	61	72	58	71	45	59	56	52	52	57
Nd	21	21	15	16	14	22	23	20	22	15	20	19	19	17	21
Sm	3.8	4.0	2.4	2.8	2.4	4.1	4.1	3.0	3.9	2.8	3.2	4.2	3.7	2.8	3.6
Eu	0.3	0.3	0.0	0.2	0.0	0.4	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
Dy	3.1	3.4	2.2	3.5	1.2	3.9	3.2	2.2	2.5	1.8	2.7	3.1	2.8	1.6	2.9
Yb	2.2	2.5	2.0	2.9	0.7	2.7	2.4	1.8	1.6	1.5	1.9	2.1	1.9	1.1	2.0
Rb	160	154	172	171	182	162	159	167	165	178	154	147	180	157	164

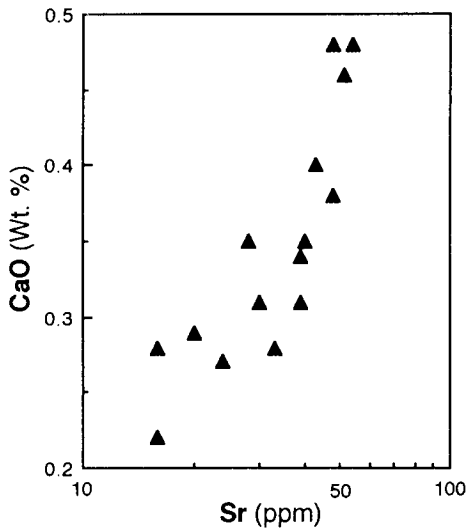


Fig. 7. The relationship between CaO and Sr in the micrographic granite from the Wando area.

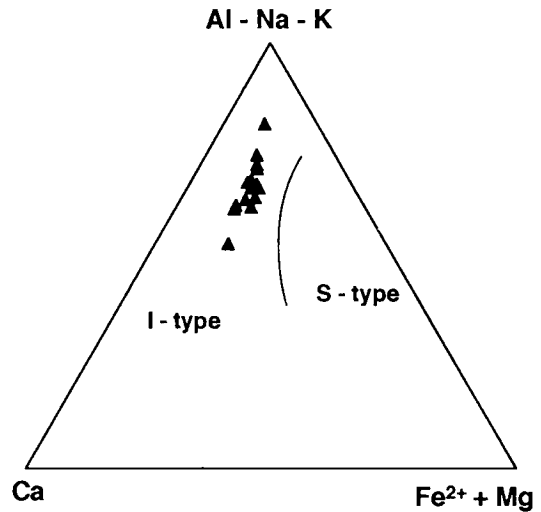


Fig. 8. Triangular diagram of molar A ($Al_2O_3-Na_2O-K_2O$)-C (CaO)-F ($FeO+MgO$) in the micrographic granite from the Wando area (after White and Chappell, 1983).

O-K₂선상 가까이에 밀집되어 분포한다. 이는 일본의 화강암류의 평균치, 남한의 백악기 화강암류의 평균치, 대전-공주간 및 담양-진안 간의 화강암류와 비슷한 전형적인 calc-alkaline 계열의 마그마에 의해 생성되었음을 보여준다 (Aramaki and Nozawa, 1978; 김정빈, 1990; Jin, 1985;

권치순, 1987). 또한 분화지수 (D.I) 대 Rb/Sr의 상관도 (Fig. 10)에 점시하면 강한 정(+)의 상관관계를 보이며 이것 역시 마그마의 분별결정작용에 의한 분화 경향을 보인다 (Taylor, 1965).

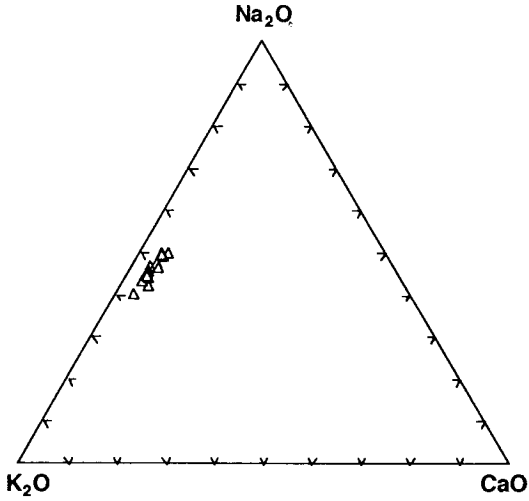


Fig. 9. Triangular diagram of NCK ($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}$)(wt. %) in the micrographic granite from the Wando area.

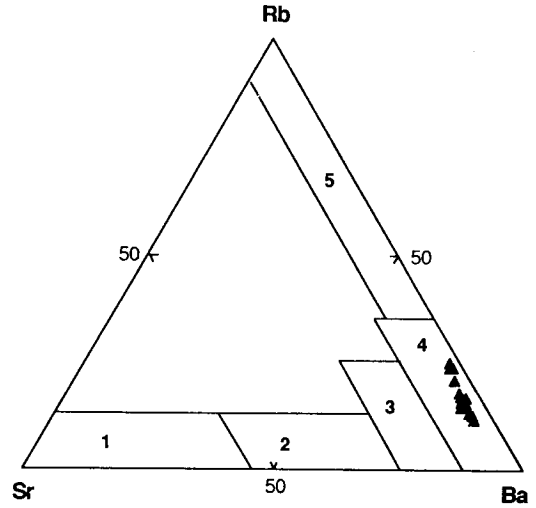


Fig. 11. Triangular diagram of Rb-Ba-Sr system in the micrographic granite from the Wando area (after Bouseily and Sokkary, 1975). 1; diorites, 2; granodiorites and quartz diorites, 3; anomalous granites, 4; normal granites, and 5; highly differentiated granites

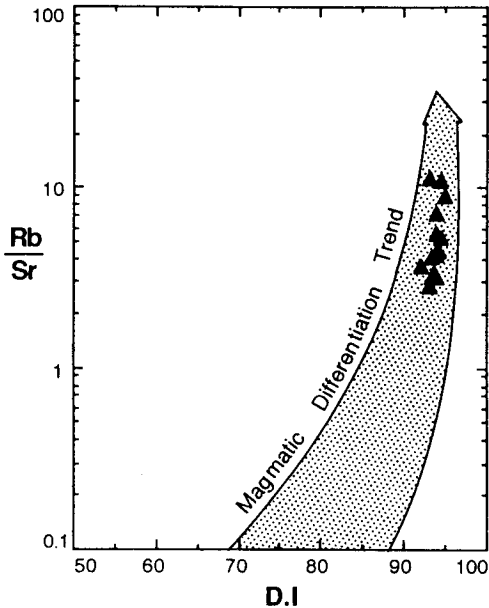


Fig. 10. Rb/Sr vs. differentiation index (D.I) in the micrographic granite from the Wando area (after Taylor, 1965).

Rb-Ba-Sr 삼각도 (Fig. 11)에 점시하면 일반 화강암의 분화 영역에 점시된다.

마그마 관입의 지구조적 환경

Pearce et al. (1984)은 화강암류의 미량원소의 분포로써 마그마 관입의 구조적 환경을 ocean ridge granite (ORG),

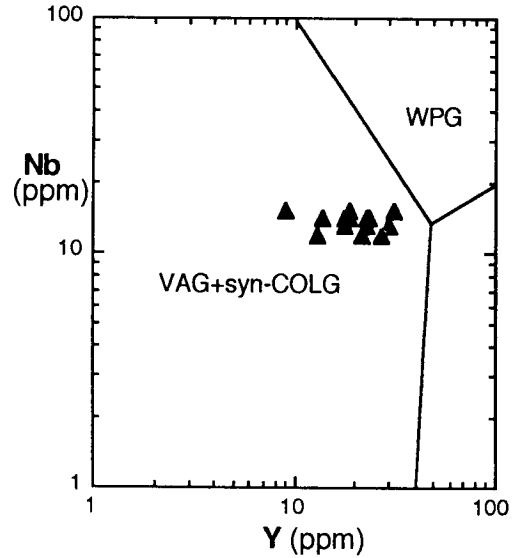


Fig. 12. Nb vs. Y in the micrographic granite from the Wando area (after Pearce et al., 1984). Abbreviations: VAG; volcanic arc granite, WPG; within plate granite, and COLG; collision granite.

volcanic arc granite (VAG), within plate granite (WPG) 및 collision granite (COLG)의 4개 group으로 나누었다. 본역 화강암류를 Nb 대 Y 관계도 (Fig. 12)에 점시하면 VAG+syn-COLG 영역에 점시된다.

결 론

영동-광주합몰대의 최남단인 완도지역에 분포하는 미문상화강암을 광물화학 및 암석화학적으로 연구한 결과는 다음과 같다.

1) 본역의 미문상화강암은 미문상조직, 정동구조, 담홍색의 칼리장석 등으로 특징지워지는 천소관입암체의 특성을 보여준다.

2) 환상으로 분포하는 미문상화강암은 세립질이며 90% 이상의 미문상조직을 보이고 있음이 특징이다. mode 분석과 norm 분석에 의하면 화강암 내지 화강섬록암 영역에 접시된다.

3) EPMA 분석에 의하면 본역 미문상화강암의 알카리장석의 화학 조성은 미사장석~정장석에, 사장석은 대부분 albite~oligoclase에 속한다. 따라서 화학 조성상의 특징으로 볼 때 이들 광물들은 낮은 온도 하에서 결정화된 것으로 생각된다. 한편 흑운모는 일반적인 화강암에서 나타나는 화학 조성을 나타낸다.

4) 암석화학적 특성에 의하면 분화 말기의 화학 조성을 나타내며, 동일 마그마로부터 분별결정작용에 의하여 분화되었을 것으로 생각된다. 또한 주성분 원소의 조성이 다른 지역의 화강암류 보다 felsic해지는데 이는 부분 용해도의 감소 또는 분별결정작용의 증가로 생각된다.

5) 본역 미문상화강암을 생성시킨 마그마의 유형은 화성기원의 마그마에서 분화된 I-type, 그리고 비교적 높은 산소 분압하에서 형성되는 자철석 계열 마그마이고, 마그마의 특성은 calc-alkaline 계열에 속한다. 또한 마그마가 분별결정작용에 의해 점진적으로 분화된 경향을 보인다.

6) 마그마 관입의 지구조적 환경은 volcanic arc 또는 syn-COLG (collision granite) 지역에서 생성된 화강암류이다.

참고 문헌

- 권치순 (1987) 대전-공주간에 분포하는 화강암질암류의 지질년대와 암석화학. 연세대학교, 박사학위 논문.
 김옥준, 박봉순 (1980) 한반도의 지진지체구조 분석에 관한 연구. 과학기술처, p. 1-159.
 김정민 (1990) 담양진안 사이에 분포하는 심성화성암류에 대한 암석 화학과 성인. 전남대학교 박사학위 논문.
 문희수, 김영희, 김종환, 유장한 (1990) 해남지역 화산암류와 납석 및 고령토 광상의 K-Ar연대. 광산지질, 23권, p. 135-

141.
 원종관, 강필중 (1978) 경상분지의 구조해석과 Igneous Pluton에 관한 연구. 지질학회지, 14권, p. 79.
 윤성효, 신국성, 황인호 (1989) 전라남도 완도군 완도 화산합몰체의 지질과 구조. 부산대 자연과학연구지, 48권, p. 103-122.
 윤현수, 김선억 (1990) 문경 남부 일대에 분포하는 백악기 화강암류의 암석학 및 암석화학. 광산지질, 23권, p. 343-352.
 차문성, 윤성효 (1988) 한반도의 화산합몰 구조 및 환상복합암체에 관한 연구. 지질학회지, 24권, 특별호, p. 67-86.
 Aramaki, S. and Nozawa, T. (1978) A reference book of chemical data for Japanese granitoids. Contribution from Geodynamic Project of Japan, 78-1, p. 88.
 Bence, A. E. and Albee, A. L. (1968) Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicate and oxides. J. Geol., v. 76, p. 382-403.
 Bouseily, A. M. and Sokkary, A.A. (1975) The relation between Rb, Ba, and Sr in granitic rocks. Chemical Geology, v. 16, p. 207-219.
 Brown, G. C., Thrope, R. S. and Webb, P. C. (1984) The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comants on magma sources. J. Geol. Soc. London, v. 141, p. 413-426.
 Condie, K. C. (1969) Petrology and Geochemistry of the Laramie Batholith and Related Metamorphic Rocks of Precambrian Age, Eastern Wyo-ming. Geol. Soc. Ame. Bull., v. 80, p. 57~82.
 Ishihara, S. (1977) The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Mining Geol., v. 27, p. 293-305.
 Jin, M. S. (1985) A relationship between tectonic setting and chemical composition of the Cretaceous granitic rocks in southern Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, v. 21, p. 67-73.
 Jin, M. S., Kim, S. Y. and Lee, J. S. (1981) Granitic magmatism and associated mineralization in the Gyeongsang basin, Korea. Mining Geol., v. 31, p. 245-260.
 Koto, B. (1909) Journeys through Korea (First contribution). J. Coll. Sci. Imperial Univ. Tokyo, v. 26, p. 1-207.
 Lee, J. I. (1991) Petrology, mineralogy and isotopic study of the shallow-depth emplaced granitic rocks, southern part of the Kyoungsang Basin, Korea. Univ. of Tokyo, Ph.D. thesis, 197pp.
 Pearce, J. A., Harris, N.B.W. and Tindle, A. G. (1984) Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks. Jour. Petro., v. 25, p. 956-983.
 Smith, R. L. and Bailey, R. A. (1968) Resurgent cauldrons. Mem. Geol. Soc. Am., v. 116, p. 613-662.
 Taylor, S. R. (1965) The application of trace element data to problems petrology. Physics and chemistry of the Earth, v. 6, p. 133-213.
 White, A. J. R. and Chappell, B. W. (1983) Granitoid types and their distribution in the Lanchlan fold belt, southeastern Australia. Mem. Geol. Soc. Am., v. 25, p. 21~31.